Tijdschrift van het

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

DEEL 32 - Nr. 6 1967

Bestuursmededeling

Met het openslaan van dit nummer nam U persoonlijk deel aan de afsluiting van een periode in de publikatie-aktiviteit van ons Genootschap. Een publikatie-aktiviteit die, na een periode van onregelmatge verschijning, in 1946 kon resulteren in een regelmatige aflevering van 6 nummers per jaar. In 1963 wordt dan de naam van het tijdschrift in overeenstemming gebracht met de nieuwe naam van het Genootschap: Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Hoewel in het tijdschrift met een zekere regelmaat voordrachten gehouden voor het Genootschap alsmede andere bijdragen konden worden gepubliceerd bleek het moeilijk op deze wijze een, met name in de huidige tijd zo zeer gewenste, actualiteit te bereiken. Ten einde hierin een verbetering te brengen besloot het Bestuur in 1966 de stap te maken naar een verschijnings-frequentie van 12 nrs. per jaar.

In dat zelfde jaar werd door de Algemene Ledenvergadering besloten te doen onderzoeken welke mogelijkheden er waren om te komen tot nauwere samenwerking met het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (in het bijzonder met de Sectie voor Telecommunicatietechniek). Het overleg in dit verband geopend leverde een concrete suggestie op betreffende samenwerking op het gebied van publikaties. De gemeenschappelijke leden van NERG en KIVI ontvangen daarbij voortaan de gezamenlijke publikatie 12 maal per jaar opgenomen in „De Ingenieur". De overige NERG-leden ontvangen het betreffende deel van „De Ingenieur" in een apart omslag, in zijn verschijningsvorm dus als afzonderlijk periodiek.

Na uitvoerig beraad heeft het Bestuur, daarin gesteund door de overgrote meerderheid van de leden, gemeend deze stap te moeten doen omdat hierdoor de weg wordt gebaand naar een sterker, onafhankelijk tijdschrift voor elektronica en telecommunicatie in Nederland.

Het Bestuur.

Fadingbestrijding bij straalverbindingen

door L. Krul *)

Summary

In an introduction a review is given of the factors governing the propagation-effects on microwave radio relay links. It turns out that multipath propagation is in fact the most important factor. This means that the performance of microwave links may be improved by the application of suitable fading-combatting systems.

Using a simple fadingmodel (two-path model) some surprising conclusions will be drawn on the existing systems: frequency and space-diversity. Furthermore the pulscodemodulation system is introduced as a new method to get a microwave link that is fading-resistant.

1. Inleiding

Een straalverbinding is een microgolf-radioverbinding waarbij ervoor wordt zorggedragen dat een „direct-zicht'' tussen zend- en ontvangantenne aanwezig is. De demping tussen zender en ontvanger wordt dan in eerste instantie slechts bepaald door de bundeling van de gebruikte antennes en de afstand die wordt overbrugd. Deze demping is het gevolg van de ruimtelijke uitbreiding van de elektromagnetische golven en is bij een gegeven traject een constante. Op deze „nominale'' demping moet echter nog een variabele propagatie-invloed worden gesuperponeerd. Deze zgn. fadingverschijnselen zijn onder te verdelen in een aantal typen.

In de eerste plaats is er de scintillatiefading, een relatief snelle variatie in transmissiedemping van een aantal decibels, ontstaan door de tijd- en plaats-afhankelijkheid van de diëlektrische constante. Voor de kwaliteit van de transmissie via straalverbindingen is dit type niet van belang en wordt hier derhalve verder buiten beschouwing gelaten. Voor een uitgebreide behandeling van dit fadingtype zij verwezen naar [1].

De tweede categorie fadingverschijnselen hangt samen met verstrooiing en absorptie van de elektromagnetische golven. De verstrooiing treedt voornamelijk op bij regenval [2]; de absorptie wordt veroorzaakt door de in de atmosfeer aanwezige gassen: waterdamp en zuurstof [3].

Als derde oorzaak van de variabele propagatie-invloed noemen wij de zgn. afbuigfading die ontstaat, als het uitgezonden vermogen de ontvang-

*) Technische Hogeschool Delft.

antenne mist, als gevolg van een optredende afbuiging van de „straal" [4].

Tenslotte kunnen op één tijdstip meerdere verbindingswegen tussen zend- en ontvangantenne mogelijk zijn door een bepaald verloop van het brekingsindexprofiel [5] dan wel door reflectie aan laaghangende mist, het wolkendek [6], enz. Er zijn dan zodanige combinaties van amplituden en fazehoeken van de verschillende componenten denkbaar dat voor één frequentie volledige uitdoving optreedt; men spreekt dan van meerweg- of interferentiefading.

Bij de huidige straalverbindings-systemen heeft men zich zowel tegen de verstrooiingsfading als tegen de fadingen ten gevolge van moleculaire absorptie kunnen wapenen door de werkfrequentie te kiezen in het gebied onder ca. 10 GHz, waar de absorptie in het geheel niet en de verstrooiingsfading slechts zeer sporadisch voorkomt. Zullen als gevolg van te verwachten verkeersuitbreidingen naderhand toch hogere frequenties moeten worden gebruikt, dan zal het systeemontwerp moeten worden aangepast, b.v. door verkleining van de afstand tussen zenders en ontvangers of door inschakeling van andere modulatietechnieken.

De invloed van de afbuigfading kan men in voldoende mate reduceren door een geschikte keuze van antenne en antennehoogte, zodat in elk geval bij het huidige straalverbindingsnet de meerwegfading als dominerende factor overblijft.

Aangezien het bij deze meerwegfading gaat om een interferentieverschijnsel zal onder fadingcondities de veldsterkte enerzijds op een bepaalde plaats in de ontvangruimte een functie zijn van de frequentie, terwijl anderzijds bij constante frequentie de veldsterkte een functie is van de plaats. Deze toestand rechtvaardigt het onderzoek naar maatregelen die de fadinginvloed op de straalverbinding kunnen verminderen. We zullen deze maatregelen in het vervolg kortweg aanduiden met fadingbestrijding.

Alvorens aan de fadingbestrijding te kunnen beginnen zal men zich echter een beeld moeten hebben gevormd van het gedrag van een verbinding onder fadingcondities. Het is daarbij interessant te zien hoe de meer geperfectioneerde methoden tot het onderzoek van de fading elk in een eigen vorm van fadingbestrijding kunnen resulteren.

Tenslotte zullen dan in par. 3, aan de hand van een sterk vereenvoudigd model van de interferentiefading, achtereenvolgens de verschillende methoden die voor de fadingbestrijding in aanmerking komen nader worden beschouwd.

2. Fadingonderzoek

Wanneer we ons, zoals door het bovenstaande wordt gerechtvaardigd,

beperken tot de interferentiefading dan kunnen de transmissie-eigenschappen van een straalverbinding voor een enkelvoudige harmonische golf onder fadingcondities worden beschreven door:

$$T = 1 + \Sigma_1^N a_n \exp(-j\omega\delta_n/c). \qquad (1)$$

Hierbij is afgezien van de constante demping als gevolg van de ruimtelijke uitbreiding van de golven, terwijl ook de fasehoek, die samenhangt met de overbrugde afstand, buiten beschouwing is gelaten. Verder stelt N voor het aantal verbindingswegen min één (de directe weg), δ_n het wegverschil van de n^e weg met de directe weg, a_n de amplitudebijdrage van de n^e weg, c de lichtsnelheid en ω de cirkelfrequentie. De fadingvrije verbinding wordt onder de gemaakte veronderstellingen dus gekenmerkt door T = 1.

De meest gebruikte wijze van fadingonderzoek is het bepalen van |T| van een bepaalde verbinding als functie van de tijd, b.v. via een registratie van de veldsterkte ter plaatse van de ontvangantenne op een papierrol. Fig. 1 geeft een voorbeeld van een dergelijke registratie. Veelal worden hieruit vervolgens voor verschillende |T|-waarden o.a. tijdspercentages

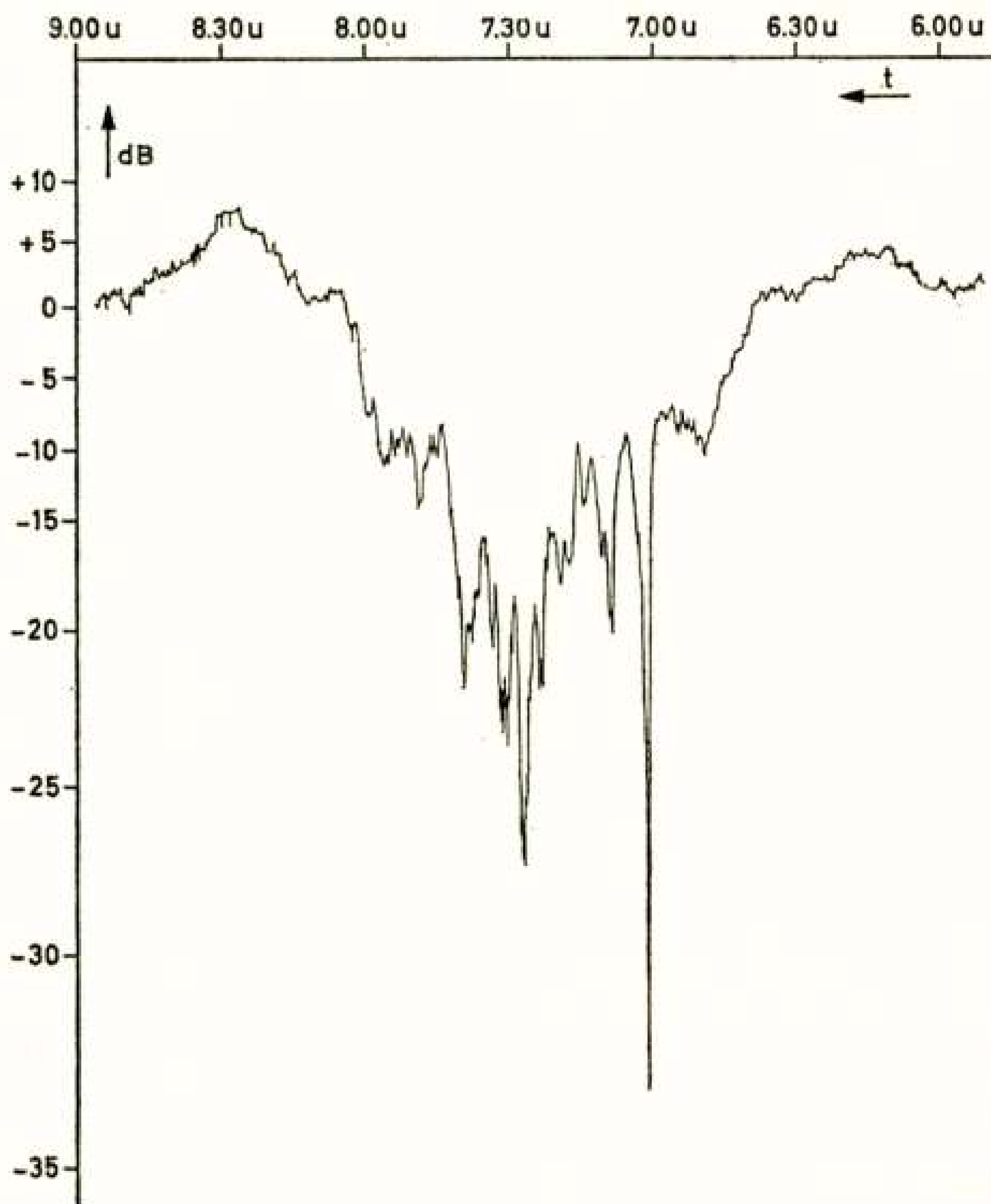


Fig. 1
|T|-registratie als functie van de tijd.

bepaald, bij welk proces gehele of gedeeltelijke automatisering in vele gevallen dringend gewenst is [7].

Voor het verkrijgen van een inzicht in de methoden die kunnen leiden tot de fadingbestrijding, is het gedrag van |T| als functie van de tijd echter van weinig nut. Immers, zoals reeds in de inleiding werd opgemerkt, is deze T, betrokken op een bepaald punt in de ontvangruimte, een functie

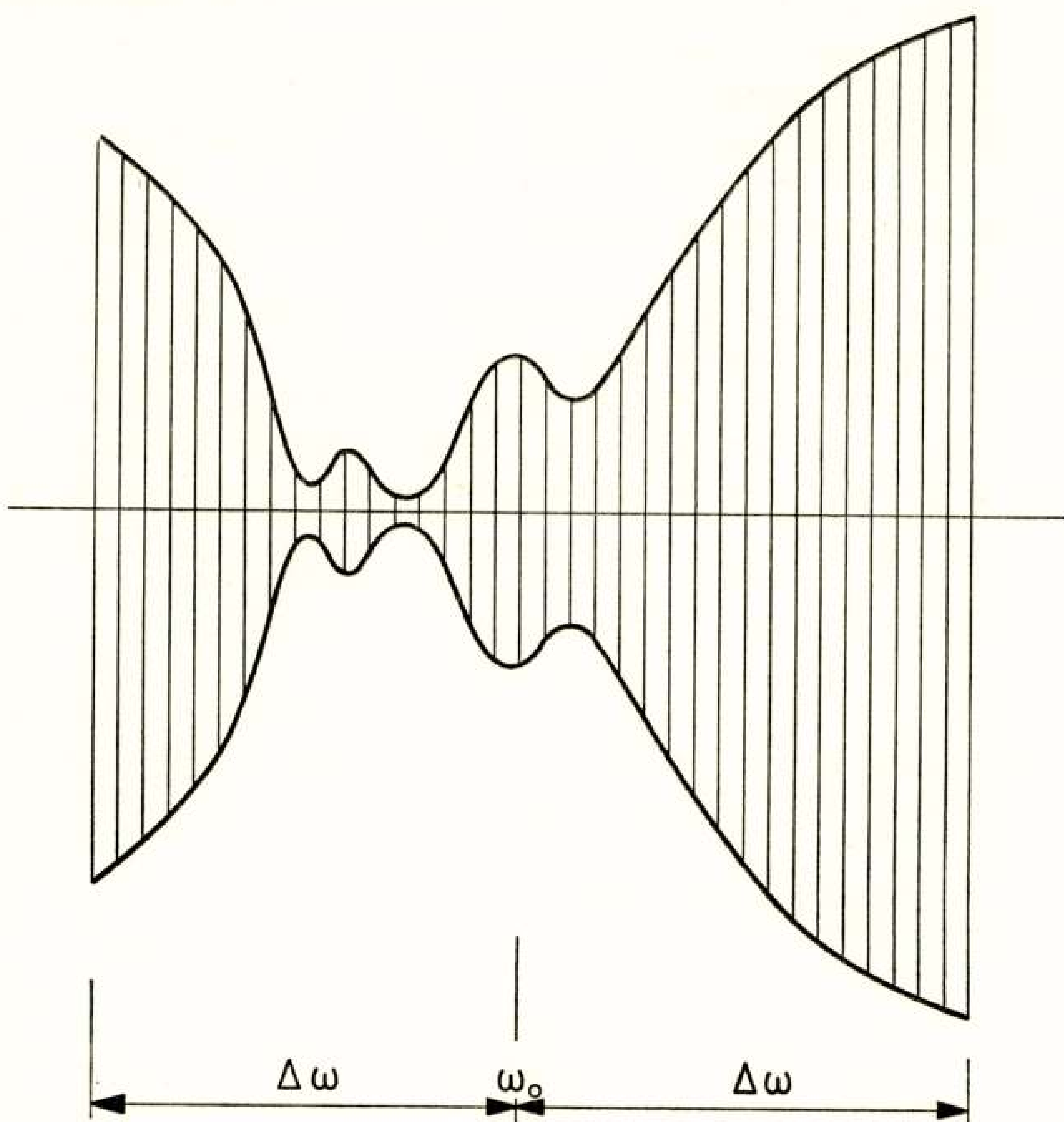


Fig. 2
Ontvangen signaal bij frequentiezwaaimeting onder fadingcondities.

van de frequentie terwijl bij constante frequentie T een functie is van de plaats. Deze omstandigheid was aanleiding tot het ontstaan van de zgn. diversity-systemen als middel tot het bestrijden van fading.

Bij deze diversity-systemen kan men verbetering van de transmissie tot stand brengen dankzij de gelijktijdige aanwezigheid van twee of meer verbindingsmogelijkheden waaruit b.v. steeds de beste wordt gekozen. Bij de frequentie-diversity worden deze verbindingsmogelijkheden in principe

gevormd door parallel-werkende zenders op verschillende frequenties en dito ontvangers. Bij de plaatsdiversity worden de verbindingsmogelijkheden gegeven door één zender gecombineerd met twee ontvangantennes op b.v. verschillende hoogten en al of niet voorzien van elk een eigen ontvanger.

Wil men nu leren hoe deze diversity-systemen gedimensioneerd moeten worden, dan liggen meetmethoden voor de hand die het gedrag van $|T|$ bepalen als functie van de voor het specifieke geval interessante variabelen. Bij de plaats-diversity bestaat deze meting uit een bepaling van $|T|$ voor verschillende plaatsen in de ontvangruimte; m.b.v. de verkregen resultaten kan men dan een optimale keuze maken. Bij de toepassing van de frequentie-diversity ligt het voor de hand $|T|$ als functie van de frequentie vast te leggen. Men maakt hiervoor gebruik van een over enkele honderden MHz gezwaaide oscillator, waarbij de zwaaisnelheid groot is ten opzichte van de fadingsnelheid. Bij elke momentele zendfrequentie hoort een bepaalde veldsterkte aan de ontvangantenne die b.v. via een panorama-ontvanger kan worden weergegeven op een kathodestraalbuis en ten behoeve van verdere verwerking periodiek fotografisch kan worden vastgelegd. Een schetsmatig voorbeeld van een dergelijke opname is weergegeven in fig. 2. De verdere analyse van deze opnamen voor wat betreft de te verwachten verbeterende invloed van frequentie-diversity is, hoewel tijdrovend, eenvoudig en voor zichzelf sprekend [8].

Complementair aan deze meting in het frequentiedomein is de meting in het tijddomein. De responsie van een netwerk met de complexe overdrachtsfunctie $s(f)$ op de zgn. diracimpuls is:

$$u(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s(f) \exp(j\omega t)\, df.$$

Dit toepassend op vgl. (1) vindt men

$$u(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \{1 + \Sigma_1^N a_n \exp(-j\omega\delta_n/c)\} \exp(j\omega t)\, df =$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \exp(j\omega t)\, df + \Sigma_1^N a_n \int_{-\infty}^{\infty} \exp\{j\omega(t-\delta_n/c)\}\, df,$$

dus een hoofdpuls met N neven-pulsen met amplituden a_n op tijdstippen δ_n/c.

In de praktijk is de situatie aanzienlijk minder overzichtelijk, omdat het niet mogelijk is de pulsen kort t.o.v. δ_n/c te maken, met het gevolg dat puls-interferenties optreden (fig. 3). Daarom werden bij het propagatieonderzoek zoals o.a. De Lange dit uitvoerde [9] de ontvangen pulspatronen gefotografeerd en achteraf nagebootst met behulp van een synthesizer.

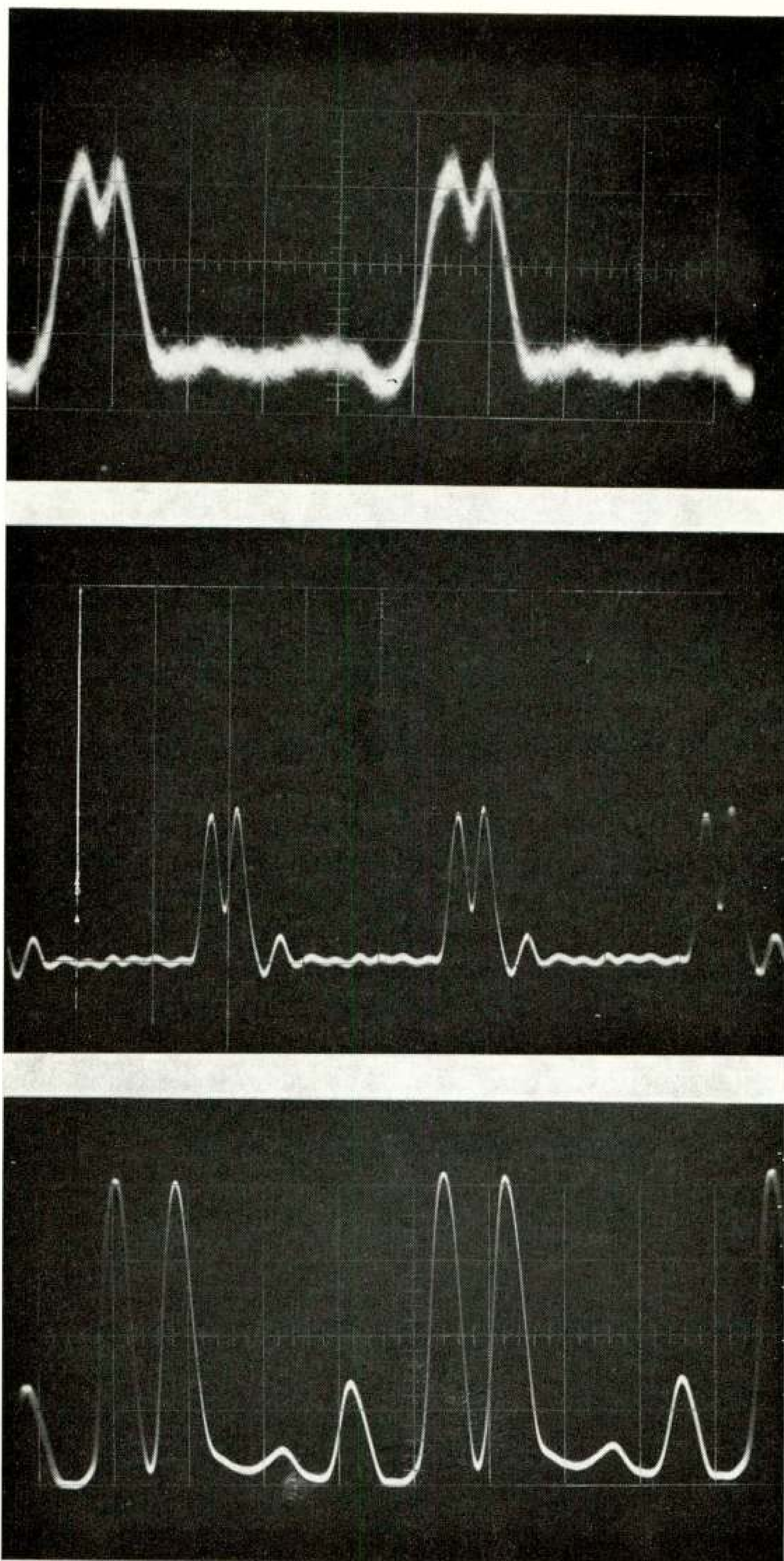


Fig. 3
Pulsinterferenties bij meerweg-propagatie bij (van boven naar beneden) toenemend weg-verschil. Hoewel de beeldhoogten van dezelfde grootte-orde zijn ziet men duidelijk een verbetering in signaal/ruisverhouding.

In de praktijk van het propagatie-onderzoek verschilt deze pulsmethode daarom weinig van de frequentiezwaai-methode waarbij dergelijke syntheses uit een aantal componenten ook zijn uitgevoerd [8, 10].

Ondanks de gemelde bezwaren werd de meetmethode met korte impulsen hier toch naar voren gebracht en wel omdat hij ons de weg wijst naar een nieuwe principiële vorm van fadingbestrijding. Het wezen van deze vorm van fadingbestrijding bestaat daarin, dat de stijgtijd van een impuls voor een gegeven werkfrequentie zo kort wordt gekozen dat geen volledige uitdoving meer kan optreden. Zoals uit fig. 3 blijkt kan uiteraard wel een aanzienlijke vervorming van de impuls optreden, zodat slechts bivalente signalen kunnen worden overgedragen. Een geschikt modulatiesysteem is dan de zgn. pulscodemodulatie. Bij dit modulatiesysteem wordt op regelmatige afstanden in de tijd een monster van het over te dragen signaal genomen. Vervolgens wordt nagegaan in welk van een eindig aantal genummerde vakjes, overeenkomende met de maximale seinspan van het signaal, dit monster moet worden ondergebracht. Tenslotte wordt dan het nummer van het gevonden vakje als binair getal (combinatie van ja-nee impulsen) uitgezonden.

De stijgtijd van de impuls is in feite maatgevend voor de grootte van het bij fading resterende signaal. Uit een oogpunt van bandbreedte-economie kan men echter met voordeel de pulsduur ongeveer tweemaal de stijgtijd kiezen; het aantal impulsen per tijdseenheid dat in een gegeven bandbreedte kan worden overgedragen is dan maximaal.

3. **Fadingbestrijding**

3.1 *Enkele algemene opmerkingen*

Het niet constant zijn van de transmissiedemping als functie van de tijd maakt dat de kwaliteit van de straalverbinding slechts op statistische wijze kan worden beschreven. Aangezien de fadingbestrijding ten doel heeft deze kwaliteit te verbeteren ligt het op het eerste gezicht voor de hand van een statistisch model gebruik te maken om de te verwachten verbetering als gevolg van de diversity-maatregelen te berekenen.

In de literatuur wordt voor dit doel veelvuldig gebruik gemaakt van de rayleighverdeling [4]. De cumulatieve waarschijnlijkheid dat de eerder ingevoerde $|T|$ kleiner is dan een zekere T_o wordt bij dit model gegeven door

$$P(|T| < T_o) = 1 - \exp(T_o^2/2\sigma^2).$$

Beschouwt men nu b.v. een diversity-systeem waarbij op elk tijdstip de

beste uit twee wordt gekozen en zijn de verschijnselen op de verbindingen ongecorreleerd, dan wordt:

$$P_{div}(|T| < T_o) = P_1(|T| < T_o)\, P_2(|T| < T_o) =$$
$$= \{1 - \exp(T_o^2/2\sigma^2)\}^2 \,,$$

waarbij ter vereenvoudiging werd ingevoerd $P_1 = P_2 = P$.

Nog afgezien van het feit dat in het algemeen niet aan de veronderstelling dat beide verbindingen ongecorreleerd zijn wordt voldaan, terwijl bovendien a priori niet bekend is wat de te verwachten correlatie zal zijn, geeft een dergelijke statistische beschouwing geen inzicht in de ontwerpcriteria voor het diversity-systeem. Zo zal men bij het in beschouwing nemen van frequentie-diversity graag geïnformeerd worden over de frequentie-afstand, die nodig is om een bepaalde bescherming te effectueren. In het geval van de plaats-diversity zal men willen weten hoe groot b.v. de verticale afstand tussen twee ontvangantennes moet zijn, terwijl bij het toepassen van pulscodemodulatie als middel tot fadingbestrijding de benodigde pulsbreedte het ontwerpcriterium is.

Natuurlijk kan men een bepaalde keuze maken en onder praktische omstandigheden nagaan wat het effect hiervan is op de transmissie. Het element van willekeur kan uit een dergelijke keuze worden weggenomen als men vooraf een kwalitatief inzicht heeft verworven. Daarom zal in het volgende het effect van frequentieverandering, antenne-verplaatsing en pulsbreedte worden nagegaan bij een geïdealiseerd model van de interferentiefading.

3.2 *Diversity-systemen*

Het bovenbedoelde geïdealiseerde fadingmodel is het zgn. tweewegfadingmodel waarvoor volgens vgl. (1) met $N = 1$ geldt:

$$T = 1 + a \exp(-j\omega\delta/c)\,. \tag{2}$$

Het ongunstigste geval is dat waarbij $a = 1$; de transmissie kan dan nul worden als voldaan is aan de voorwaarde $\omega\delta/c = (2k + 1)\pi$. We zullen dan spreken van een volledige fading. Met $a = 1$ volgt uit vgl. (2):

$$|T|^2 = 2\,(1 + \cos\omega\delta/c)\,. \tag{3}$$

Bij frequentie-diversity is het uitgangspunt, dat twee verbindingen gebruik maken van hetzelfde traject (de „stralen" hebben hetzelfde verloop), terwijl we verder aannemen dat steeds de beste verbinding wordt gekozen. De frequentie van de ene verbinding zij ω_o, die van de andere

$\omega = \omega_o + \triangle\,\omega$ ($\triangle\,\omega$ positief of negatief). Om de invloed van frequentie-diversity te bepalen kiezen we het extreme geval dat de verbinding op frequentie ω_o een volledige fading heeft, dus $\omega_o \delta / c = (2\,k + 1)\,\pi$. Vervolgens berekenen we de $|T|$ van de andere verbinding onder deze conditie: $|T|_{div}$. We vinden:

$$|T|^2_{div} = 2\,\{1 - \cos\,(2\,k + 1)\,\pi \triangle\,\omega/\omega_o\}\,.$$

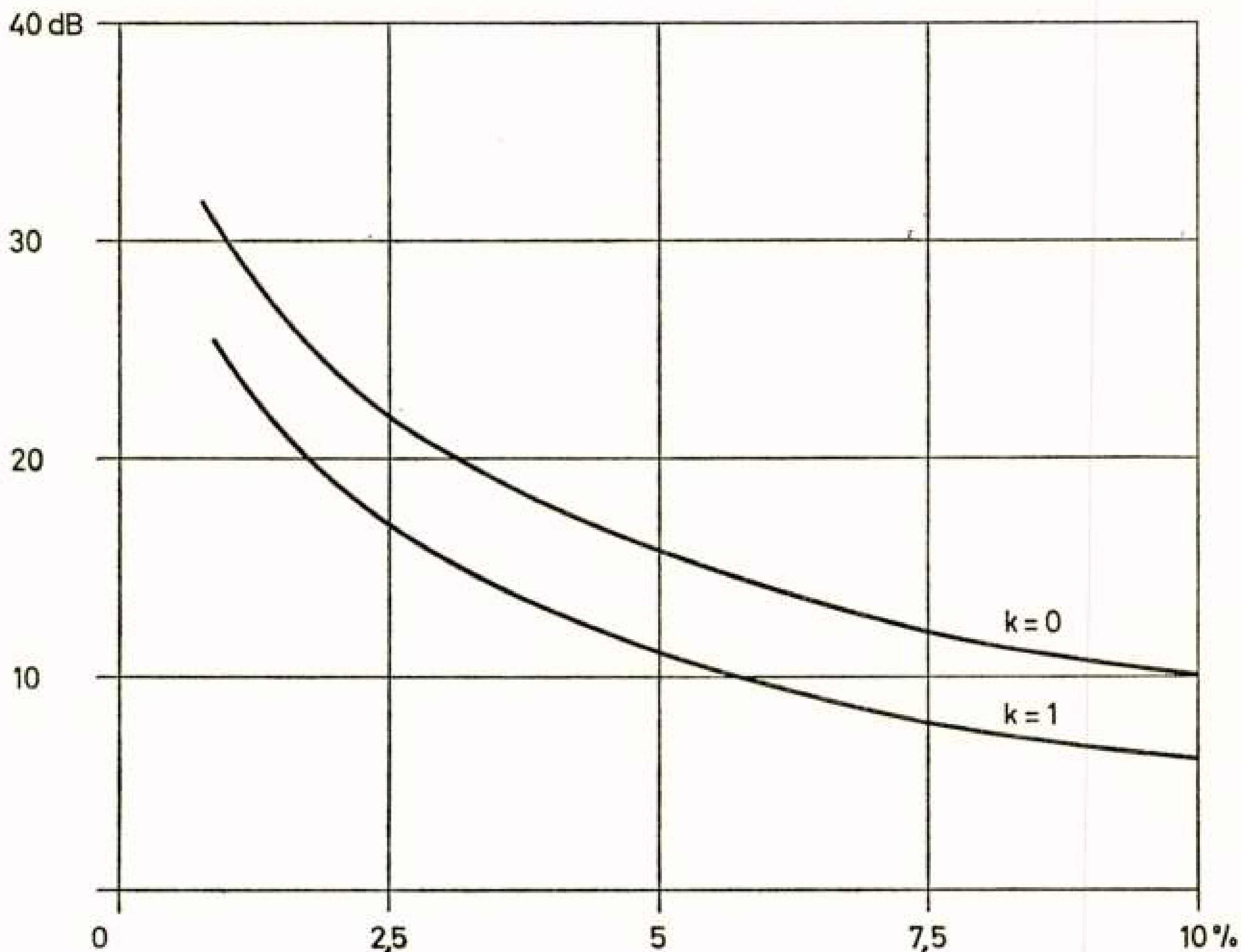


Fig. 4

$|T|^{-1}_{div}$ in dB als functie van de procentuele frequentie-afstand (frequentie-diversity).

Hieruit blijkt dat des te kleiner het wegverschil des te groter de frequentieverschuiving nodig om een bepaalde signaalsterkte „terug te winnen". Het geval k = 0 (overeenkomende met $\delta = \lambda/2$) is derhalve het meest ongunstig. In fig. 4 is de resterende fading ($|T|^{-1}_{div}$) weergegeven als functie van de procentuele frequentieverandering. Aangezien k = 0 overeenkomt met het kleinste wegverschil dat ooit een volledige fading kan veroorzaken, geeft een frequentieverschil van 5% de zekerheid dat de fading nooit groter dan 16 dB is.

Ter vergelijking werd ook het geval k = 1 ingetekend; de bij een bepaalde fadingdiepte behorende frequentie-afstand wordt drie maal zo klein, maar men neemt dan het risico dat de „ $\lambda/2$-fading" nog kan optreden met een veel grotere demping.

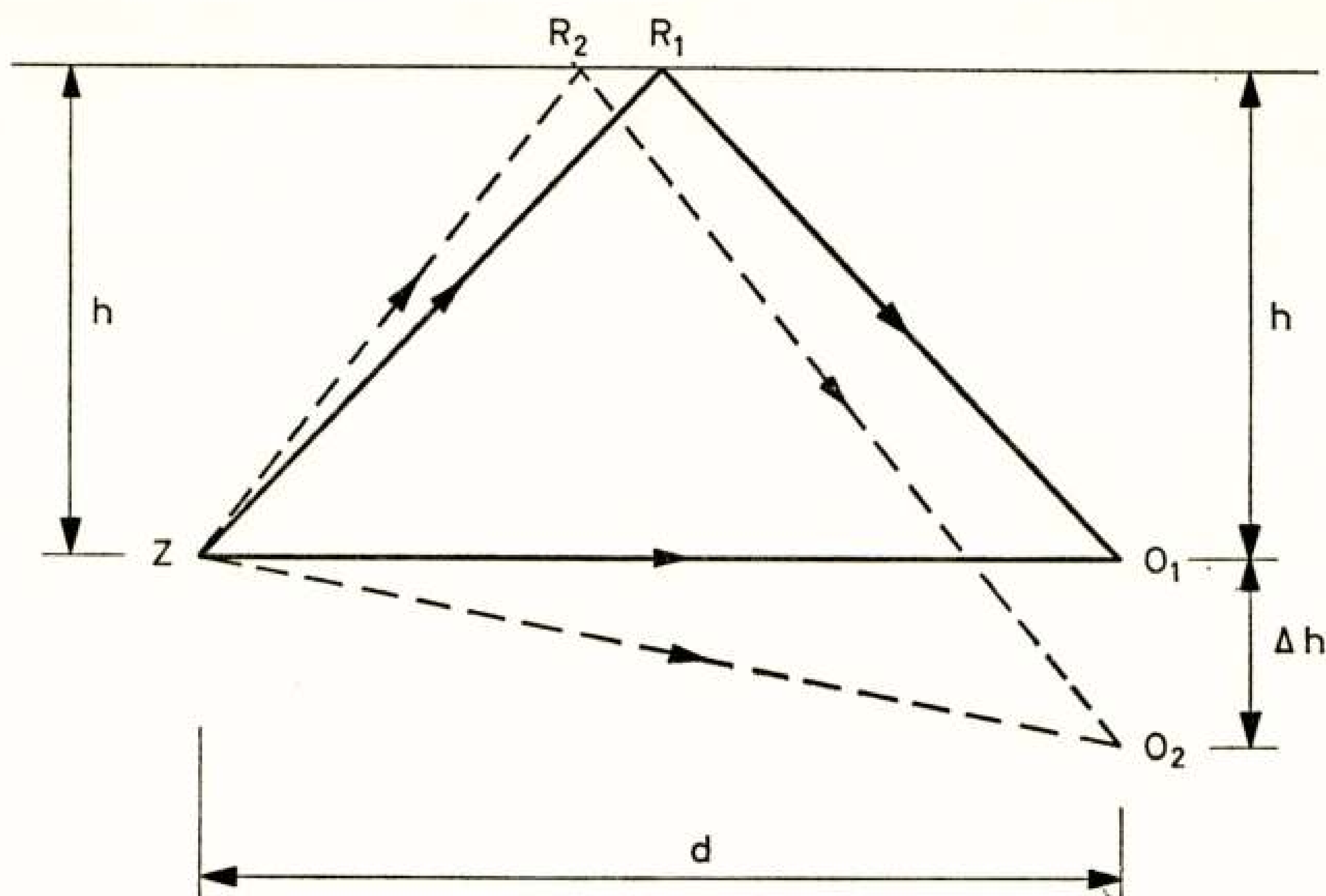


Fig. 5
Geometrie van het model voor de berekening van het effect van plaats-diversity.

Bij de tot hiertoe beschouwde frequentie-diversity kon de geometrie van het traject buiten beschouwing worden gelaten, omdat alleen het wegverschil een rol speelde. Bij de plaats-diversity speelt deze geometrie wel een rol. Ten einde ook voor dit geval een indicatie te kunnen geven zal als aanvullende veronderstelling worden ingevoerd, dat de tweeweg-verbinding onder fadingcondities symmetrisch is. De tweede weg komt daarbij tot stand door een schijnbare reflectie met reflectiecoëfficiënt één. De zendantenne heeft een afstand h tot dit reflectievlak en de beide ontvangantennes afstanden h en $h + \triangle h$ (fig. 5). Het wegverschil van de wegen $Z0_2$ en ZR_20_2 is volgens een bekende formule.

$$\delta = 2h\,(h + \triangle h)/d\,,$$

mits $d >> h$. De andere verbinding gevormd door de wegen $Z0_1$ en $ZR_1\,0_1$ heeft de eerder genoemde symmetrie. Het wegverschil kiezen we zo dat deze verbinding een volledige fading heeft, dus $2h^2/d = (2\,k + 1)\,\lambda/2$. Vervolgens bepalen we de transmissie via 0_2 bij variabele $\triangle h$. Uit vgl. (3) volgt:

$$|T|^2 = 2\,(1 + \cos 2\,\pi\,\delta/\lambda)\,.$$

Na het invullen van δ met eliminering van de grootheid h door gebruik van de volledige-fading-voorwaarde komt er met enige herleiding:

$$|T|^2_{div} = 2\{1 - \cos 2\,\pi\,\sqrt{(2\,k + 1)/\lambda d}\;\triangle h\}.$$

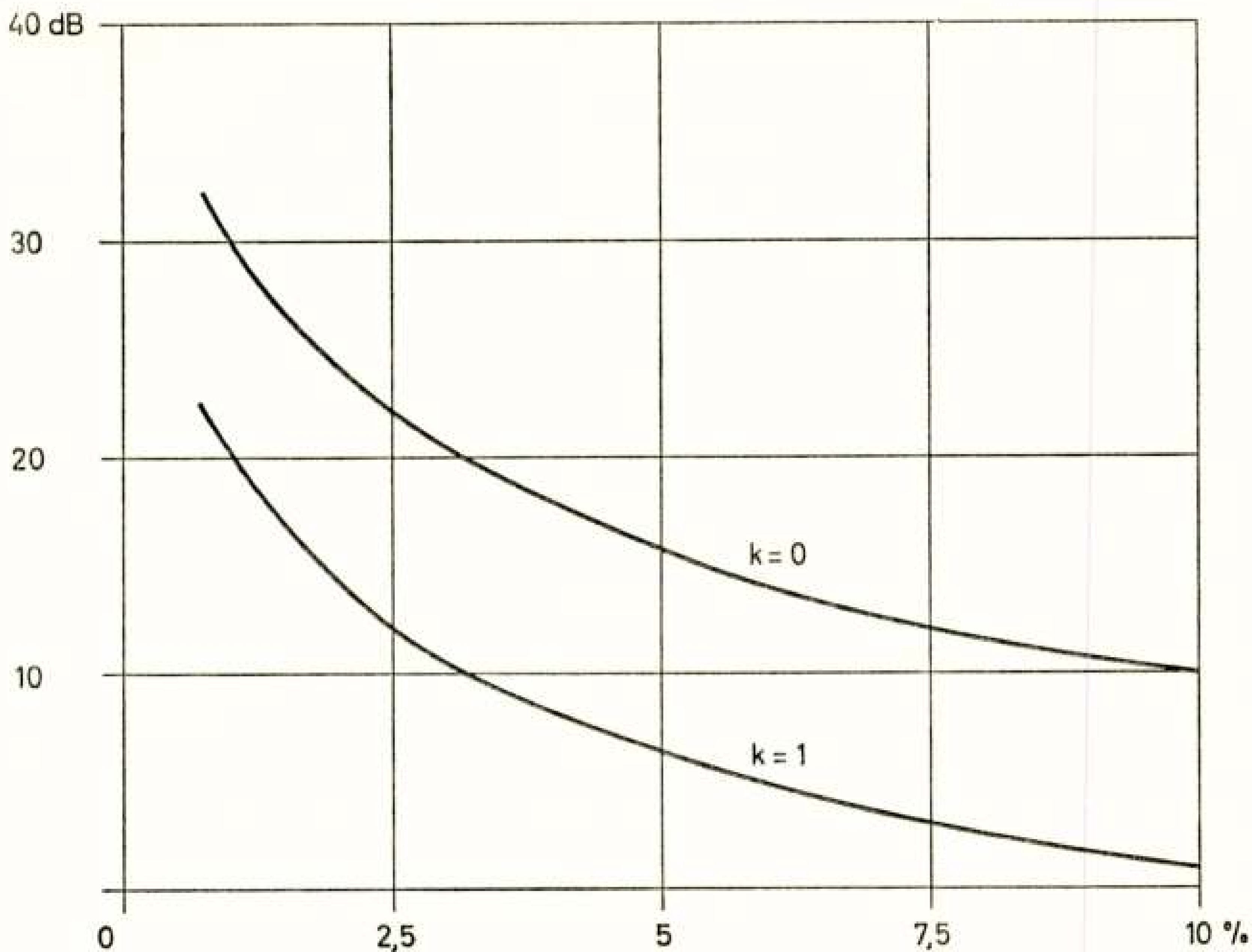


Fig. 6

$|T|_{div}^{-1}$ in dB als functie van het hoogteverschil van de ontvangantennes in procenten van de halve diameter van de 1e fresnelzône (plaats-diversity)

Nu is $\frac{1}{2}\sqrt{\lambda d} = H_1$, de halve diameter van de 1e fresnelzône, zodat tenslotte kan worden geschreven:

$$|T|_{div}^{2} = 2\,(1 - \cos \pi \sqrt{2\,k + 1}\;\triangle\, h/H_1).$$

In het ongunstigste geval k = 0 speelt de procentuele verandering $\triangle\, h/H_1$ bij plaats-diversity blijkbaar dezelfde rol als de procentuele verandering $\triangle\, \omega / \omega_0$ bij frequentie-diversity. Voor k = 1 (en hoger) is dit niet langer het geval, aangezien dan de wortelvorm een rol gaat spelen (fig. 6).

3.3 *Pulscodemodulatie, een nieuwe methode van fadingbestrijding*

Zoals we in par. 2 hebben gezien is hierbij de gedachtengang, dat bij de overdracht van een voldoend korte impuls onder fadingcondities geen volledige uitdoving van de impuls optreedt. Het ontwerpcriterium bij deze methode tot fadingbestrijding is derhalve de pulsbreedte.

Om de vereiste pulsbreedte te vinden zullen we ons evenals bij de diversity-systemen bedienen van het tweeweg-fadingmodel, dat we echter op een enigszins andere wijze zullen hanteren. Deze gewijzigde benadering hangt samen met het feit dat we nu te maken krijgen met de overdracht

van een heel spectrum, terwijl tot nu toe sprake was van slechts één frequentie.

Uitgaande van een gaussimpuls (voor korte impulsen is dit een redelijke aanname) met de amplitudefunctie $\exp\{-\pi (bt)^2\}$, in amplitude gemoduleerd op een draaggolf met cirkelfrequentie ω, vind men voor het ontvangen signaal:

$$E = \left\{\exp\{-\pi (bt)^2\} + \exp\{-j\omega\delta/c - \pi b^2 (t-\delta/c)^2\}\right\} \exp(j\omega t) .$$

In de voor de gaussimpuls gekozen amplitudefunctie is $1/b$ de gemiddelde breedte van de impuls (pulsbreedte op 45,6% van de hoogte) terwijl b de overeenkomstige breedte is van het spectrum.

Als volgende stap voeren we nu een genormeerde tijdschaal in door de substituties $\tau = \sqrt{\pi}\, bt$ en $\tau_o = \sqrt{\pi}\, b\delta/c$. Het momentele vermogen p na detectie ontwikkeld in een weerstand van $1\ \Omega$ is gelijk aan het kwadraat van de modulus van E, zodat met de genormeerde tijdvariabelen:

$$p = |E|^2 = \left\{\left|\exp(-\tau^2) + \exp\{-j\,\omega\tau_o/\sqrt{\pi}\, b - (\tau - \tau_o)^2\}\right|\right\}^2 .$$

Deze functie is symmetrisch ten opzichte van $\tau = \tau_o/2$, zoals onmiddellijk blijkt als we overgaan op de variabele $x = \tau - \tau_o/2$.

In de ontvanger van een pulscodesysteem zal steeds een trekkerschakeling moeten beslissen of een puls al dan niet aanwezig is. We nemen hierbij de totale impulsenergie I als detectiecriterium, waarbij

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} p\, d\tau .$$

Als integratiegrenzen kunnen hier zonder bezwaar negatief en positief oneindig worden genomen, aangezien de transmissie van slechts één enkele impuls wordt bekeken.

Invullen van de voor p gevonden uitdrukking in de nieuwe variabele x levert:

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} \exp\{-2(x+\tau_o/2)^2\}\, dx + \int_{-\infty}^{\infty} \exp\{-2(x-\tau_o/2)^2\}\, dx +$$

$$+ 2\cos(\omega\,\tau_o/\sqrt{\pi}\, b) \exp(-\tau_o^2/2) \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-2x^2)\, dx =$$

$$= 2\{1 + \cos(\omega\tau_o/\sqrt{\pi}\, b) \exp(-\tau_o^2/2\}\int_{-\infty}^{\infty} \exp(-2x^2)\, dx .$$

De integraal in deze uitkomst is juist gelijk aan de ontvangen impulsenergie bij afwezigheid van fading en is dus het equivalent van de signaal-

waarde één uit par. 3.2. Schrijven we voor deze integraal de afkorting I_o dan kunnen we formeel weer invoeren:

$$|T|^2 = I/I_o = 2\left\{1 + \cos\left(\omega\tau_o/\sqrt{\pi}\, b\right) \exp\left(-\tau_o^2/2\right)\right\}.$$

Minimale waarde van $|T|^2$ worden bereikt als $\omega\tau_o/\sqrt{\pi}\, b = (2k+1)\pi$ met $k = 0, 1, 2, \ldots$ omdat de tijdfuncties dan worden afgetrokken. Hiervan is het geval $k = 0$ weer het ongunstigst omdat dan de additionele looptijd τ_o bij constante ω en pulsbreedte (dus constante b) minimaal is.

Voor de minimale waarden van $|T|$ wordt tenslotte via eliminatie van τ_o gevonden:

$$|T|^2_{min} = 2\left\{1 - \exp\left\{-(2k+1)^2 \pi b^2/8f^2\right\}\right\}.$$

Voor iedere frequentie $f = \omega/2\pi$ kan men met deze betrekking, bij gegeven k, een impulsduur vinden waarbeneden $|T|$ groter is dan een bepaalde $|T|_{min}$. Gaan we bij deze berekening uit van de kleinst mogelijke waarde van k (k = 0, overeenkomend met één halve golflengte wegverschil) dan kan geen enkele interferentiefading een $|T| < |T|_{min}$ geven. In fig. 7 wordt een grafiek gegeven van $|T|_{min}^{-1}$ in dB als functie van b/f en wel voor k = 0 en k = 1. Men leest hieruit af dat een fading van 30 dB (met k = 0) correspondeert met $b/f = 0{,}036$, hetgeen inhoudt dat bij b.v. 4000 MHz gewerkt moet worden met een impuls die op 45,6% van de

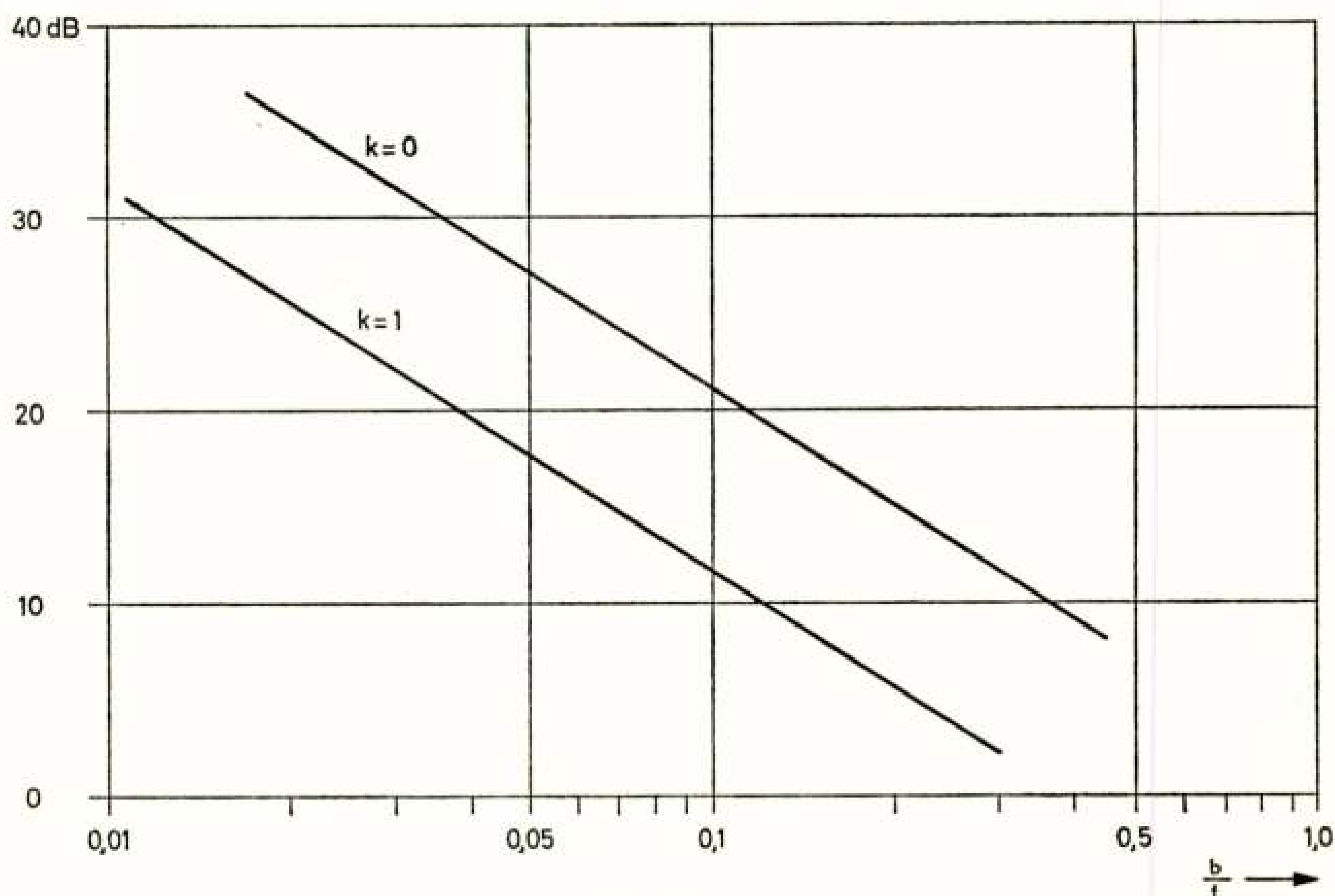


Fig. 7

$|T|_{min}^{-1}$ als functie van pulsbreedte en draaggolffrequentie bij toepassing van pulscodemodulatie als middel tot fadingbestrijding

hoogte een breedte heeft van ca. 7 n sec. Voor k = 1 wordt dit 21 n sec.

Bij het beoordelen van deze uitkomsten moet men wel bedenken dat $|T|_{min}$ hier bepaald wordt door het criterium van detecteerbaarheid, waardoor de toelaatbare verzwakking in het algemeen groter is dan bij de transmissie van signalen in analoge vorm.

4. Besluit

Reeds in 1946 werd in de Bell Laboratoria in Amerika een experimenteel straalverbindingssysteem ontwikkeld waarbij van pulscodemodulatie gebruik werd gemaakt. Dit systeem [11] was opgezet voor 96 telefoniekanalen verdeeld over 8 radiofrequente draaggolven in de 4000 MHz band. In feite ging het dus om slechts 12 telefoniekanalen per draaggolf. Bij een bemonsteringsfrequentie van 96 kHz en een 7-eenheden code (128 niveaux) kwam men daarbij tot een impulsbreedte van 1,5 μsec.

Recentere ontwikkelingen met betrekking tot straalverbindingssystemen gebruik makende van pulscodemodulatie [12] gaan uit van een kanaalaantal dat een factor 10 groter is. Uit de hierboven uitgevoerde berekeningen volgt onmiddellijk dat ook in dit geval nog geen profijt wordt getrokken van de mogelijkheid tot fadingbestrijding. Hiervoor is het nodig het aantal kanalen met nog minstens een factor 10 te vergroten, hetgeen technisch zeker mogelijk is. Op deze wijze is een principiële aanvulling te verkrijgen op de bestaande systemen ter bestrijding van de interferentiefading.

Literatuur

[1] Tukizi, O. Théorie du fading de scintillation en micro-ondes. l'Onde Electrique *37* (1957) p. 362.
[2] Ugai, S. and Kaneda, Y. Statistical evaluation of microwave attenuation due to rain cells. Rev. Electr. Comm. Lab. *11* (1963) p. 268.
[3] Miller, S. E. Millimeter waves in communication. Proc. Symposium on Millimeter Waves, Polytechnic Inst. of Brooklyn 1959 p. 25.
[4] Bullington, K. Radio propagation fundamentals. Bell Syst. Techn. J. *36* (1957) p. 593.
[5] Kerr, D. E. Propagation of short radio waves. MIT-series 13 Chapt. 4.
[6] Megla, G. Ein Beitrag zur Entstehung der Mehrwege Ausbreitung bei Mikrowellen. Nachrichtentechnik *8* (1958) p. 389.
[7] Krul, L. et de Jong, A. Equipement pour l'enregistrement central de l'évanouissement sur les liaisons par Faisceaux Hertziens. Revue F.I.T.C.E. No. 1 janv.-févr. (1964) p. 11.
[8] Kaylor, R. L. A statistical study of selective fading of superhigh frequency radio signals. Bell Syst. Techn. J. *32* (1953) p. 1187.

[9] de Lange, O. E. Propagation studies at microwave frequencies by means of very short pulses. Bell Syst. Techn. J. *31* (1952) p. 91.

[10] Ugai, S. Studies on microwave propagation within line of sight distance. Proc. Microwave Seminar Tokyo 1961, p. 30.

[11] Meacham, L. A. and Peterson, E. An experimental multi-channel PCM system of Toll quality. Bell Syst. Techn. J. *27* (1948) p. 1.

[12] Morita, M. e.a. Microwave communication system using PCM-PM. Proc. Int. Conf. on Microwaves, circuit theory and information theory, Tokyo 1964, part 1, p. 267.

Manuscript ontvangen 9 oktober 1967.

CONGRESSEN E.D.

Symposium on Microwave Power

The 1968 Symposium on Microwave Power, sponsored by the International Microwave Power Institute, will be held at Statler Hilton Hotel in Boston, Massachusetts, on March 21, 22 and 23, 1968.

The Symposium will be concerned with the application of microwave power to processes within the food, agricultural forest product, textile, chemical, and other industries and to advanced concepts in scientific apparatus and power transmission systems.

Papers are being solicited. Abstracts, approx. 250 words in length, should be submitted not later than January 1, 1968 and should be mailed to: 1968 Symposium on Microwave Power, Box 342, Weston, Massachusetts 02193.

„MOGA 68"

Die 7. Internationale Tagung über Erzeugung und Verstärkung von Schwingungen im optischen und Microwellenbereich „MOGA 68" findet vom 16. bis zum 20. September 1968 in Hamburg statt. Veranstalter sind die „Nachrichtentechnische Gesellschaft im VDE (NTG)" gemeinsam mit dem „Verband Deutscher Elektrotechniker, Bezirk Hamburg (VDE)" und der „Deutschen Sektion des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)".

Die Tagung dient der Berichterstattung und der Diskussion weiterer wissenschaftlicher Erkenntnisse auf dem genannten Fachgebiet. Sie setzt damit die Tradition der bisherigen internationalen Tagungen über „Mikrowellenröhren" in Paris (1956), London (1958), München (1960), Den Haag (1962), Paris (1964) und Cambridge (1966) fort. Seit 1966 ist das ursprüngliche Arbeitsgebiet der Tagung durch Hinzunahme der Anwendungen von Festkörpern, Plasma und anderen Anordnungen zur Erzeugung und Verstärkung von Schwingungen im optischen und Mikrowellenbereich erweitert worden.

Anschrift: Tagungsbüro „MOGA 68", D-2 Hamburg 1, Buchardstrasse 19, im Hause der Valvo GmbH.

Colloque international sur la télévision en couleur

Dit op blz. 135 aangekondigde „colleque" is een week vervroegd en zal worden gehouden van 25 tot 29 maart 1968.

P.I.B. International symposium on turbulence of fluids and plasmas

„Turbulence of fluids and plasmas" is het onderwerp van de 18e in de serie van de Polytechnic Institute of Brooklyn-serie van jaarlijkse internationale symposia. Dit symposium wordt gehouden in het Waldorf-Astoria Hotel in New York City van 16 tot 18 april 1968. Het wordt georganiseerd door het Microwave Research Institute of the Polytechnic Institute of Brooklyn.

Het programma vermeldt:

Introduction to turbulence;

Theoretical and experimental descriptions of turbulent media;

Experimental diagnostic techniques and related interactions with turbulent media.

Correspondentie-adres: P.I.B. Symposium Committee, 333 Jay Street, Brooklyn, N.Y. 11201. Attn: Jerome Fox, Executive Secretary.

WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS



Ir. J. M. L. Janssen is benoemd tot buitengewoon hoogleraar in de afdeling der algemene wetenschappen van de Technische Hogeschool Twente, om onderwijs te geven in de operationele methoden in de bedrijfsvoering. Op 26 oktober 1967 heeft hij zijn ambt aanvaard met het uitspreken van een rede, getiteld: „Model en bedrijf".

Prof. Janssen werd geboren te Arnhem in 1918. Aan de T.H. te Delft studeerde hij technische fysica; in 1941 verwierf hij het ingenieursdiploma. Van 1941 tot 1942 was ir. Janssen verbonden aan de organisatie TNO te Delft. Vervolgens was hij tot 1949 werkzaam bij de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven, waar hij belast was met het ontwerpen van elektronische instrumenten. In 1949 aanvaardde hij een functie bij het toenmalige Koninklijke/Shell Laboratorium te Delft. Hier verrichtte ir. Janssen onderzoek op het gebied van meet- en regeltechniek; na enige tijd werd hij belast met de leiding van de betreffende afdeling. Sinds 1957 is de heer Janssen werkzaam bij de Bataafse Internationale Petroleum Maatschappij N.V., waar hij de leiding heeft van de computing development division.

VARIA

Exameneisen voor het Diploma Regeltechnicus

Een werkgroep van de Commissie „Opleiding" van de Afdeling voor Regeltechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs heeft de in 1955 uitgegeven „Exameneisen voor het Diploma Regeltechnicus" herzien. De nieuwe uitgave, voor *f* 1,75 verkrijgbaar bij de Administratie van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Prinsessegracht 23, 's-Gravenhage, kan als leerplan dienen voor de Applicatiecursussen, zoals deze als een vervolg op de H.T.S.-opleiding worden gegeven. De Werkgroep spreekt de wens uit, dat deze herziene uitgave zal bijdragen tot één uniforme opleiding aan alle H.T.S.-en, waar een Applicatiecursus „Meet- en Regeltechniek" wordt of zal worden gegeven.

Het 30 bladzijden tellende boekje bevat een specificatie van de exameneisen, verdeeld over de vakken: wiskunde, elektronica, kennis van processen, meettechniek, regeltheorie, regelinstrumenten, ontwerp van meet- en regeltechnische installaties, pneumatisch practicum, practicum meettechniek en elektronische systemen. Voorts is een literatuurlijst bijgevoegd.

PERSONALIA

In memoriam Colonel Ing. E. Herbays



Op 26 oktober 1967 overleed te Brussel, op 74-jarige leeftijd, Colonel Ing. Ernest Herbays. Hij was reeds sinds 1928 verbonden aan het Secretariaat van de Internationale Wetenschappelijke Radio Unie U.R.S.I., en sinds 1946 Secretaris-Generaal. Ook nam hij enige tijd het Secretariaat van I.C.S.U., de International Council of Scientific Unions, waar. In 1963 werd hem de gouden Van der Pol-medaille uitgereikt, „for devoted and excellent service".

Met zijn grote ondervinding en toewijding heeft hij tal van presidenten, o.a. professor Sir Edward Appleton, père Lejay, dr. Berkner, dr. Smith-Rose, professor Koga en professor Silver, ter zijde gestaan. Ook de voorzitters van de U.R.S.I.Commissies konden steeds een beroep doen op zijn grote kennis van zaken. Nog in mei van dit jaar had ik contact met hem over de in verband met een Internationaal Symposium gerezen moeilijkheden. Hij wist in zo'n geval onmiddellijk of er een precedent was en hoe de houding van U.R.S.I. dan was.

De verzorging van talrijke U.R.S.I.-publicaties vergde veel van zijn tijd. Niet alleen informeerde hij onmiddellijk als een manuscript niet op tijd binnen kwam, maar hij zorgde ook steeds voor foutloze drukken. Hij had bijv. de hand in: Het „Golden Jubilee Memorial", de Van der

Pol- en andere Memorial Lectures, de steeds in omvang toenemende rapporten van de Algemene Vergaderingen (waarin opgenomen de rapporten der Nationale Comité's), de „Progress in Radio Science"-boeken, en het tweemaandelijkse „U.R.S.I.-Bulletin".

Bij de Algemene Vergaderingen was hij de rechterhand van de president. Zijn tactisch optreden heeft daarbij de Internationale Unie wel eens voor verkeerde beslissingen behoed. Hij was steeds vriendschappelijk en hulpvaardig. Hij deed zijn werk met zoveel plezier, dat het hem moeilijk viel, er afscheid van te nemen. Hij zou in 1969 met pensioen zijn gegaan, maar daarvan heeft hij niet meer mogen genieten.

Ieder, die in de U.R.S.I.-organisaties heeft gewerkt, zal beseffen, een vriend te hebben verloren. Hij ruste in vrede.

Dr. F. L. Stumpers

In memoriam P. R. Dijksterhuis



Op 12 november 1967 oxerleed op 67-jarige leeftijd de heer Popko R. Dijksterhuis.

Op 1 april 1921 trad hij in dienst bij Philips te Eindhoven. Ongeveer 10 jaar was hij werkzaam in het Natuurkundig Laboratorium, waar hij zich bezig hield met de ontwikkeling van o.a. pick-up's, grammofoonmotoren en luidsprekers. In 1931 werd hij benoemd tot directeur van de luidsprekerfabriek; in 1932 werd hij directeur van de Apparatenfabriek, die hij in 8 jaar tot grote bloei bracht.

In de oorlogsjaren werd Dijksterhuis lid van het toen opgerichte Directie-comité om de leiding van fabricage en ontwikkeling in Nederland op zich te nemen. Onder de meest moeilijke omstandigheden is hij nooit bezweken voor de bezetter. Dat kostte hem enige tijd gevangenschap in Haaren.

In 1945 werd hij lid van de toen ingestelde Raad van Bestuur. Dit duurde tot 1948, toen hij naar Amerika vertrok om daar de fabricage op te zetten. Na zijn terugkomst in 1950 werd hij benoemd tot technisch directeur van Philips' Phonografische Industrie te Baarn. In deze jonge onderneming heeft hij pionierswerk verricht en de goede naam van de Philips' grammofoonplaten gevestigd.

Na zijn – om gezondheidsredenen vervroegde – pensionering bleef hij tot voor enkele maanden nog als adviseur van Philips' Phonografische Industrie en van het Natuurkundig Laboratorium aan Philips verbonden.

Allen, die met hem mochten samenwerken, zullen zijn schrandere geest, zijn inspirerende werklust en zijn warme hart niet vergeten.

Afscheid O. J. Selis



Na een diensttijd van 46 jaar nam op 31 oktober 1967 de heer O. J. Selis afscheid als Directeur van de afdeling Luchtverkeersbeveiliging van de Rijksluchtvaartdienst.

Hem is het voorrecht ten deel gevallen de ontwikkeling van hulpmiddelen voor de communicatie en navigatie van de luchtvaart en de daarmee samenhangende ontwikkeling van de regeling en beveiliging van het verkeer in de lucht mee te mogen maken vanaf de uiterst primitieve beginfase tot de geperfectioneerde installaties, welke thans in gebruik zijn.

In die ontwikkeling heeft hij een belangrijke rol gespeeld, zowel nationaal als internationaal. In de internationale organisaties – ICAO, Eurocontrol en vele andere – was zijn stem er een die gewicht in de schaal legde.

In niet geringe mate is het aan Selis te danken, dat Nederland niet alleen op het gebied van communicatie, navigatie en radarinstallaties voor de burgerluchtvaart in het voorste gelid staat, maar bovendien bezet de Rijksluchtvaartdienst thans de meest geavanceerde plaats bij de automatisering van de verkeersleiding. Uit de coördinatie van zijn streven en dat van de N.V. Hollandse Signaalapparaten is immers de Satco (Signal automatic traffic control) ontstaan, waarmee Nederland zich een wereldprimeur op dit gebied verwerft.

Wegens zijn verdiensten werd hij bij zijn afscheid benoemd tot ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw.

Ir. A. de Haas

Ir. C. Dorsman is met ingang van 1 december 1967 benoemd tot adjunct-directeur van de hoofdindustriegroep Elcoma der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

Ir. H. Rinia onderscheiden met de gouden Snellius-medaille

Het Genootschap ter bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde te Amsterdam – opgericht in 1790 – heeft *Ir. H. Rinia,* voormalig directeur van het Philips' Natuurkundig Laboratorium, gehuldigd door hem de gouden Snellius-medaille uit te reiken, „om eer te bewijzen aan een man van zeldzame vindingrijkheid, die het geheel der moderne natuurwetenschappen heeft weten te gebruiken voor belangrijke vindingen en voor nieuwe ontwikkelingen in vele gebieden der technische wetenschappen".

UIT HET N.E.R.G.

Nieuwe leden:

Ir. H. Mulder, Pansierstraat 38, Den Haag.

Voorgestelde leden:

F. K. Boomsma, Joh. Geradtsweg 94, Hilversum.
Ir. S. J. Gaastra, Stationsweg 18, Grouw (Fr.).
Ir. P. C. van der Geest, van de Spiegelstraat 10, Den Haag.

Nieuwe adressen van leden:

A. Auping, Margijnenenk 37, Deventer.
Ir. A. P. Bolle, Graaf Janstraat 241, Zoetermeer.
Ir. J. H. van den Boorn, Agrippastraat 13, Eindhoven.
R. Decossaux, Tuindorpweg 84, Maarn.
Ir. J. M. Douwes Dekker, Adm. Helfrichlaan 8, Wassenaar.
Ir. L. D. J. Eggermont, Paterserf 321, Oosterhout (N.B.).
Ir. C. J. van Elk, van Goyenlaan 197, Soest.
Ir. E. Kleihorst, Symfoniestraat 47, Apeldoorn.
Ir. F. Labaar, 40 South Bedford Road, Burlington (Mass.), U.S.A.
Ir. J. G. de Lint, Steenbokstraat 20, Hengelo (Ov.).
Ir. G. J. M. Pappot, Regentesselaan 13, Bussum.
Prof. Dr. Ir. W. L. van der Poel, Fagotstraat 18, Rijswijk (Z.H.).
Ir. T. Poorter, Eindhovenseweg 6B, Geldrop.
Ir. F. C. de Ronde, Broekhovenseweg 26, Waalre (N.B.).
Ir. R. Samson, M. ter Braaklaan 59, Delft.
Ir. G. C. van Slagmaat, ten Brakeweg 24, Sterksel (N.B.).
Ir. H. Tendeloo, De Genestetlaan 3, Baarn.
Ir. W. Visscher, Looweg 15, Ermelo.

Overleden:

P. R. Dijksterhuis, Julianalaan 304, Bilthoven.

Dit nummer werd gedrukt 16 januari 1968.

Tijdschrift van het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

REGISTER VAN DE DELEN 21-32

Deel	Jaar	Deel	Jaar	Deel	Jaar
21	1956	25	1960	29	1964
22	1957	26	1961	30	1965
23	1958	27	1962	31	1966
24	1959	28	1963	32	1967

In 1955 is, na Deel 20, een register verschenen van de delen 1—20.

In 1967 is, buiten de normale afleveringen, een proefnummer verschenen. De inhoud van dit proefnummer is ook in dit register opgenomen, aangeduid als Deel P; de nummers der bladzijden hiervan worden voorafgegaan door de letter T.

REGISTER VAN ONDERWERPEN

1. Akoestische onderwerpen.
2. Antennes en straling.
3. Automatisering.
4. Correlatoren.
5. Datatransmissie.
6. Detectie.
7. Elektronenbuizen.
8. Filters.
9. Frequentiestabilisatie en -vermenigvuldiging.
10. Fysiologische onderwerpen.
11. Golfvoortplanting; Ionosfeer.
12. Lasers; Masers.
13. Lijntransmissie.
14. Materialen; Onderdelen.
15. Meten; Regelen; Meetinrichtingen.
16. Microgolftechniek (zie ook andere rubrieken).
17. Miniaturisatie.
18. Modulatie.
19. Netwerken.
20. Omroep.
21. Ontvangst; Ontvangtoestellen (zie ook 31. Televisie).
22. Radar; Radionavigatie; Plaatsbepaling.
23. Radio-astronomie.
24. Registratie.
25. Rekenmachines.
26. Ruimtecommunicatie.
27. Ruis.
28. Telecommunicatie (zie ook andere rubrieken).
29. Telefonie.
30. Telegrafie en Telex.
31. Televisie.
32. Transistoren en andere halfgeleiders.
33. Versterkers; Versterking.
34. Zend-ontvangers.
35. Zenders.
36. Diverse onderwerpen.
37. Conferenties; Congressen.
38. Tentoonstellingen.
39. Personalia.
40. Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.
41. Opleiding; Examens.

---

22. **Radar, Radionavigatie, Plaatsbepaling**

40. **Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap**

REGISTER VAN AUTEURS

	Deel	Blz.
Höld, F. W.		
Transmissiewegen bij datatransmissie.	30	109
Holman, B. T. J. and J. Davidse		
A suppression filter with variable bandwidth.	24	199
Holzwarth, H.		
Die deutsche Satelliten-Erdefunkstelle Raisting.	30	197
Hoop, A. T. de en J. W. Alexander		
URSI-rapport München, 1966.	32	17
Hoopen, M. ten		
Modellen van zenuwcellen.	27	17
Houtsmuller, J.		
Propagatie-eigenschappen van metergolven op niet te grote afstand van de zender.	21	103
URSI-rapport, Boulder, 1957.	23	85
Groundwave Propagation (Mixed-Path).	24	1, 163
Huydts, P. A. I.		
Inleidende voordracht over Omroepstudio's.	28	341
Hylkema, H. T.		
Electronica aan boord van schepen.	31	100
Idzerda, A. B.		
Enige beschouwingen over de elektronische teller en enkele van zijn toepassingen.	25	43
Jager, C. de		
Problemen en perspectieven der radioastronomie.	28	155
De elektromagnetische straling gepaard gaande met zonnevlammen.	29	91
Jager, F. de		
Modulatie bij datatransmissie.	30	108
Codering van spraak en muziek.	32	41
Janssen, F. J.		
Electronen en systolen, een bespreking van successen en problemen in de electronische hartregulatie.	31	26
Jeuken, M. E. J.		
Een rij niet-equidistante stralers.	32	121
Jonker, J. H. L.		
URSI-rapport, Boulder, 1957.	23	98
URSI-rapport, Londen, 1960.	26	96
Kampen, N. G. van		
Inleiding over plasma's.	29	67
Kasper, R. A.		
Antennes voor navigatie en locatie.	28	13
Kessel, Th. J. van		
Compatibele eenzijbandmodulatie.	29	31
Kleis, D.		
Toepassing en opstelling van luidsprekers in geluidsinstallaties.	21	237
Grondslagen en praktijk van toespreekinrichtingen; akoestische gezichtspunten.	26	191